



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년01월14일
(11) 등록번호 10-1007985
(24) 등록일자 2011년01월06일

(51) Int. Cl.
G06F 17/00 (2006.01) G06F 19/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2009-0101960
(22) 출원일자 2009년10월26일
심사청구일자 2009년10월26일
(56) 선행기술조사문헌
KR100751438 B1

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전 유성구 가정동 30번지
(72) 발명자
박계순
경기도 과천시 별양동 주공아파트 709동 404호
조성준
대전 유성구 전민동 엑스포아파트 107동 1405호
(74) 대리인
정상규

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김문성

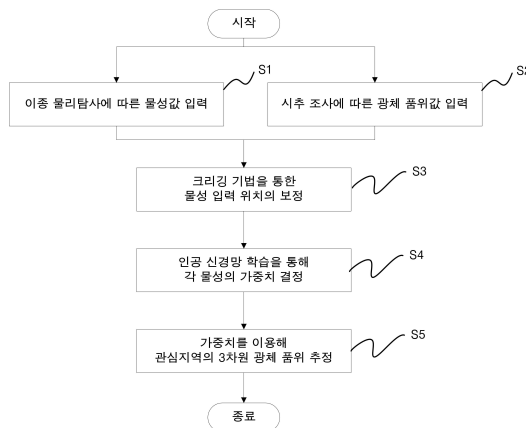
(54) 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법 및 이에 관한 프로그램이 기록된 기록 매체

(57) 요약

본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법은, (a) 관심지역에 대하여 실시된 이중 물리탐사에 의해 획득된 각 물성값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계; (b) 관심지역에 대하여 실시된 시추 조사에 의해 획득된 광체 품위값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계; (c) 상기 (a) 단계에서 입력된 각 물성값을 샘플링하여 상기 (b) 단계에서 광체 품위값이 입력된 좌표에서의 물성값을 추정하는 단계; (d) 상기 (c) 단계에서 산출된 동일 좌표상의 물성값과 광체 품위값에 대한 상관 관계를 인공 신경망(Neural network) 학습을 통해 정량적으로 계산하여 광체 품위를 추정하는 각 물성값의 가중치값을 결정하는 단계; 및 (e) 상기 (d) 단계에서 결정된 가중치값과 상기 (a) 단계에서 입력된 물성값을 상기 (d) 단계에서 학습된 인공 신경망에 입력하여 관심 지역 전체에 대하여 광체 품위값을 추정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 시추 자료만을 통한 품위 추정 기법에 이중 물리탐사를 통해 획득된 물성 자료를 정량적으로 추가하여 현장의 특성을 반영함으로써 기존의 품위 추정 기법에 비해 신뢰도와 타당성이 향상된 광체 품위 자료를 제공할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2008-041

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 에너지자원기술개발사업

연구과제명 스카른/반암형 광체 특성 정량화 물리탐사 기술개발

기여율

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2008년 12월 01일 ~ 2011년 10월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

관심지역에 대한 3차원 광체 품위 분포를 추정하는 방법으로서,

- (a) 관심지역에 대하여 실시된 이중의 물리탐사에 의해 획득된 각 물성값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계;
- (b) 관심지역에 대하여 실시된 시추 조사에 의해 획득된 광체 품위값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계;
- (c) 상기 (a) 단계에서 입력된 각 물성값을 이용하여 상기 (b) 단계에서 광체 품위값이 입력된 좌표에서의 물성값을 추정하는 단계;
- (d) 상기 (c) 단계에서 산출된 동일 좌표상의 물성값과 광체 품위값에 대한 상관 관계를 인공 신경망(Neural network) 학습을 통해 정량적으로 계산하여 광체 품위를 추정하는 각 물성값의 가중치값을 결정하는 단계; 및
- (e) 상기 (d) 단계에서 결정된 가중치값과 상기 (a) 단계에서 입력된 물성값을 상기 (d) 단계에서 학습된 인공 신경망에 입력하여 관심 지역 전체에 대하여 광체 품위값을 추정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (e) 단계에서는 상기 (b) 단계를 통해 이미 광체 품위값이 존재하는 좌표에 대하여는 잔차분석을 통해 기존 광체 품위값을 유지시키는 것을 특징으로 하는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 (d) 단계에서의 인공 신경망은 하기의 수학적식으로 구성되는 것을 특징으로 하는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법.

[수학적식]

$$\dot{T} = (\dot{w}p + b)$$

(상기 수학적식에서, \dot{T} 는 광체 품위값의 벡터이고, \dot{p} 는 물성값의 벡터이고, \dot{w} 는 가중치의 벡터이며, b 는 편향상수임)

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 (d) 단계에서 상기 인공 신경망의 광체 품위값(T)과 (wp + b)의 차이인 오차의 제곱을 최소로 하는 가중치(w)를 결정하는 것을 특징으로 하는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 각 물성값의 추정은 크리깅 기법을 이용하는 것을 특징으로 하는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법

청구항 6

관심지역에 대한 3차원 광체 품위 분포를 추정하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 읽어들일 수 있는 기록 매체에 있어서,

- (a) 관심지역에 대하여 실시된 이중의 물리탐사에 의해 획득된 각 물성값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계;
- (b) 관심지역에 대하여 실시된 시추 조사에 의해 획득된 광체 품위값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계;
- (c) 상기 (a) 단계에서 입력된 각 물성값을 샘플링하여 상기 (b) 단계에서 광체 품위값이 입력된 좌표에서의 물성값을 추정하는 단계;
- (d) 상기 (c) 단계에서 산출된 동일 좌표상의 물성값과 광체 품위값에 대한 상관 관계를 인공 신경망(Neural network) 학습을 통해 정량적으로 계산하여 광체 품위를 추정하는 각 물성값의 가중치값을 결정하는 단계; 및
- (e) 상기 (d) 단계에서 결정된 가중치값과 상기 (a) 단계에서 입력된 물성값을 상기 (d) 단계에서 학습된 인공 신경망에 입력하여 관심 지역 전체에 대하여 광체 품위값을 추정하는 단계; 를 포함하는 프로그램이 기록된 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법 및 이에 적합한 기록 매체에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 시추 자료만을 통한 품위 추정 기법에 이중 물리탐사를 통해 획득된 물성 자료를 정량적으로 추가하여 현장의 특성을 반영함으로써 기존의 품위 추정 기법에 비해 신뢰도와 타당성이 향상된 광물 품위 자료를 제공할 수 있는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법 및 이에 적합한 기록 매체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자원개발은 그 특성상 많은 불확실성을 갖고 있으며, 방대한 비용을 필요로 하기 때문에 관심 지역의 정보를 보다 정확하게 획득하여 분석하는 것은 자원개발의 중요한 요소이다.

[0003] 이러한 노력의 일환으로 자원개발의 초기 단계에서는 여러 가지 물리탐사와 시추 조사를 통하여 관심지역의 특성을 해석하게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 실제로, 물리탐사를 통해 획득되는 자료는 넓은 지역의 정보를 제공할 수 있지만, 관심 대상체의 물리적 반응을 탐지하여 그 구조를 해석하기 때문에 근본적인 불확실성을 갖게 된다.

[0005] 이에 반하여 시추 자료는 관심 대상체의 시료를 채취하여 분석하기 때문에 상대적으로 높은 신뢰도의 자료를 제공하는 방법이지만, 시추의 특성상 모든 지역에서 조밀하게 수행하는 데는 시간과 비용에서 많은 제약이 따르게 된다.

[0006] 따라서 본 발명에서는 타당성과 신뢰도 높은 해석결과를 얻기 위해서 단일 자료의 정보만을 이용하기보다는 이중 물성의 정보를 효과적으로 복합하여 이용할 수 있는 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법을 제공하고자 한다.

과제 해결수단

[0007] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은, 관심지역에 대한 3차원 광체 품위 분포를 추정하는 방법으로서, (a) 관심지역에 대하여 실시된 이중의 물리탐사에 의해 획득된 각 물성값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하는 단계; (b) 관심지역에 대하여 실시된 시추 조사에 의해 획득된 광체 품위값을 관심지역의 좌표

(x, y, z)에 입력하는 단계; (c) 상기 (a) 단계에서 입력된 각 물성값을 샘플링하여 상기 (b) 단계에서 광체 품위값이 입력된 좌표에서의 물성값을 추정하는 단계; (d) 상기 (c) 단계에서 산출된 동일 좌표상의 물성값과 광체 품위값에 대한 상관 관계를 인공 신경망(Neural network) 학습을 통해 정량적으로 계산하여 광체 품위를 추정하는 각 물성값의 가중치값을 결정하는 단계; 및 (e) 상기 (d) 단계에서 결정된 가중치값과 상기 (a) 단계에서 입력된 물성값을 상기 (d) 단계에서 학습된 인공 신경망에 입력하여 관심 지역 전체에 대하여 광체 품위값을 추정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0008] 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법 및 이에 적합한 기록 매체는 시추 자료만을 통한 품위 추정 기법에 이중 물리탐사를 통해 획득된 물성 자료를 정량적으로 추가하여 현장의 특성을 반영함으로써 기존의 품위 추정 기법에 비해 신뢰도와 타당성이 향상된 광물 품위 자료를 제공할 수 있게 된다.

[0009] 또한, 시추 자료가 있는 위치의 값은 잔차분석을 통해 시추 자료에서 획득된 값을 그대로 이용할 수 있어 안정적인 추정이 가능하게 된다.

[0010] 또한, 인공 신경망 학습을 통해 광체 품위와 물리탐사 자료 간의 상관관계를 정량화 할 수 있게 된다. 그리고 정량화된 상관관계를 이용하여 물리탐사 자료를 정량적으로 이용하여 광체 품위를 추정할 수 있어서 시추 자료가 없는 위치에서 단순히 시추 자료만을 이용했을 경우보다 신뢰성이 높은 광체 품위값을 얻을 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명한다.

[0012] 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법의 최종적인 목표는 광체의 품위값을 추정하는 것이다. 일반적으로 광체 품위를 추정하는 방법은 시추 자료를 직접 분석하여 시추가 이루어진 지역의 광체 품위를 결정 후 그 값들을 이용하여 시추 자료가 없는 지역에 대해서도 자료를 추정하는 방식으로 이루어진다. 하지만 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법은 광체 품위 평가 과정에서 시추공 조사와 함께 동일 연구 지역에서 이루어진 이중 물리탐사 자료를 이용하여 보다 높은 신뢰도를 가진 결과를 얻게 된다.

[0013] 도 1은 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법에 관한 흐름도이다.

[0014] 도면을 참조하면, 우선 S1 단계로서, 적어도 한 차례 이상 이중의 물리탐사가 이루어진 지역인 관심지역에 대하여 실시된 이중의 물리탐사에 따라 획득된 각 물성값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하게 된다.

[0015] 여기에서 상기 물리탐사란 지하의 전기비저항이나 밀도, 자화강도와 같은 물리적 성질을 해석하기 위하여 수행되는 탐사를 의미한다. 즉, S1 단계는 광체가 주위의 암석과 대별되는 물리적 성질을 고려하여 물리탐사를 수행하고 그 자료를 해석하여 지하를 물성 구조로 해석하는 과정이다.

[0016] 이 과정을 통해 입력되는 자료는 3차원 좌표(x, y, z)의 위치에 따른 물성값(전기비저항값, 밀도값, 자화강도값 등)이 된다.

[0017] 이러한 물리탐사 자료의 특징은 해석과정을 통해 연속적인 구조를 연구지역 전체에서 제공할 수 있다는 것이다.

[0018] 다음으로 S2 단계로서, 관심지역에 대하여 실시된 시추 조사에 따라 획득된 광체 품위값을 관심지역의 좌표(x, y, z)에 입력하게 된다.

[0019] 상기 시추 조사는 물리탐사의 한 분야로 생각할 수 있지만, 해당 시추 조사를 통해 획득된 시추 자료는 물리탐사에 의한 물리탐사 자료와 달리 직접적인 자료이다. 즉, 물리탐사 자료는 지하의 반응을 통해 그 값을 추정하는 간접적인 방법이라면 시추 자료는 직접 지하의 암석을 시추하여 해석하는 직접적인 방법이다. 따라서 시추 조사에 의한 자료를 통해 보다 정확한 자료값을 얻을 수 있지만, 비용과 시간의 현실적인 문제로 모든 지역에서 시추 자료를 얻을 수 없기 때문에 모든 지역의 자료를 제공할 수는 없다.

[0020] 상기 S2 단계에서는 상기 관심지역 내에 존재하며 시추 자료가 획득된 시추가 이루어진 지역에서 해석된 광체 품위값을 3차원 좌표(x, y, z)에 입력하게 된다.

[0021] 다음으로, S3 단계로서, 상기 S1 단계에서 입력된 각 물성값을 이용하여 상기 S2 단계에서 광체 품위값이 입력

된 좌표의 물성값을 추정하게 된다.

[0022] 이 과정에서 시추 자료와 물리탐사 자료를 함께 해석하기 위해서는 각 자료간의 상관 관계를 분석해야 한다. 이를 위해서는 같은 좌표상의 자료가 필요로 하게 된다. 따라서 상기 S1 단계에서 획득된 물성 자료를 이용하여 S2 단계의 시추 자료가 있는 좌표상의 물성값을 추정하게 되는 것이다.

[0023] 이때, 임의의 좌표상에 분포하는 물성값의 추론을 위하여 지구통계학적 분석기법인 크리깅(kriging) 분석 기법이 해당 물성값의 추정을 위해 사용되게 된다.

[0024] 다음으로, S4 단계로서, 상기 S3 단계에서 산출된 동일 좌표상의 물성값과 광체 품위값에 대한 상관 관계를 인공 신경망(Neural network) 학습을 통해 정량적으로 계산하여 상기 물성값이 광체 품위값을 지시하는 정도를 보여주는 가중치값을 결정하게 된다.

[0025] 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법의 최종적인 목표는 전체 관심 지역에서의 광체 품위이다. 하지만 실제로 그 광체 품위값을 정확하게 알고 있는 위치는 시추 자료가 있는 지역에 한정된다. 따라서 시추 자료가 없는 지역에 대하여 광체 품위값을 추정하기 위해서는 다음과 같은 가정이 필요하다.

[0026] 첫째, 광체는 주변 암석과 다른 물리적 특성을 가지고 있다.

[0027] 둘째, 이중 물리탐사 자료는 이중의 물성을 통해 광체의 물성적 특성을 반영한 해석 결과를 제시해 준다.

[0028] 셋째, 시추 자료의 신뢰도는 다른 탐사 기법에 비하여 높다.

[0029] 상술한 가정을 통해 본 발명에서는 각 물성과 광체 품위가 어떠한 상관관계를 가지고 있는지를 인공 신경망 학습 기법을 통해 정량적으로 계산하게 된다.

[0030] 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법은 입력값(물성값)들의 가중치(계수)를 반복적으로 조절하여 기준 오차 내에서 목적값(시추 조사를 통해 확인된 광체 품위값)에 가장 근사치까지 접근한 가중치값을 결정하는 방법이다. 이때, 인공 신경망의 구성은 물리탐사 자료와 달리 정확하고 직접적인 자료인 시추 위치에서의 광체 품위값을 목적 벡터로 결정하고 입력값은 이중 물리탐사를 통해 획득된 각 물성값들이 된다.

[0031] 이와 같은 인공 신경망이 도 2에 도시되어 있다. 해당 인공 신경망은 시추 자료에서 획득된 광체 품위를 통하여 목적 벡터를 구성하고, 이중의 물리탐사를 통해 획득된 물성들을 입력 벡터로 사용하게 된다. 이러한 인공 신경망의 계산은 입력 벡터에 가중치 벡터를 곱해서 더한 결과를 하나의 전달함수에 적용하는 방식으로 계산된다. 즉, 인공 신경망은 입력 벡터와 가중치 벡터에 의해서 결정된 출력 벡터가 목적 벡터에 가까워지도록 가중치 벡터를 학습시키게 된다. 결정된 가중치를 통하여 시추 자료가 획득되지 못한 지역에 대해서도 광체 품위를 높은 타당성을 갖고 해석할 수 있게 된다.

[0032] 상기 인공 신경망의 구성에 대하여 좀더 상세히 살펴보면, 도 2에서 p_R 에서 R 은 이중 물리탐사의 개수이고, p 는 각각의 물리탐사 방법에 의해 해석된 물성값이다. 즉, 전기비저항이나 밀도, 자화강도와 같은 물리적 성질이 파악되는 다수의 물리탐사를 통해 다수의 물성값(p)을 얻어내게 된다.

[0033] 그리고 w_R 에서 w 는 각 물성의 가중치이다. 또한, b는 편향상수이며, T 는 시추 조사를 통해 획득된 광체 품위 값이다.

[0034] 인공 신경망의 식 $\dot{T} = (\dot{w}p + b)$ (상기 수학식에서, \dot{T} 는 광체 품위값(T)의 벡터이고, \dot{p} 는 물성값(p)의 벡터이고, \dot{w} 는 가중치(w)의 벡터이며, b 는 편향상수임)에서 물성값(p)와 광체 품위값(T)는 시추가 수행된 지역의 같은 위치의 자료이다. 가중치(w)는 각 물성에 따라 하나의 값으로 추정될 변수이다.

[0035] 따라서 이 인공 신경망의 식을 통해 계산되는 값은 자료의 수 만큼 산출되며, 그 값들의 오차(광체 품위값(T)과 (wp + b)의 차이) 제곱을 최소로 하는 가중치값(w)들을 결정하게 된다.

[0036] 다음으로, S5 단계로서, 상기 S4 단계에서 결정된 가중치값과 상기 S1 단계에서 입력된 물성값을 상기 인공 신경망에 입력하여 관심 지역 전체에 대하여 광체 품위값을 추정하게 된다.

[0037] 즉, 전체 관심 지역에서 시추 자료는 없지만 물리탐사 자료가 있는 위치에 대하여 광체 품위를 추정하게 되는

것이다. 이러한 광체 품위의 계산은 상기 S4 단계에서 획득된 가중치를 이용하여 물성 자료와 해당 가중치를 상기 S4 단계의 인공 신경망에 입력하여 그 결과를 통해 추정하게 된다.

[0038] 추가적으로 상기 S5 단계 이후에 시추 자료가 이미 존재하는 지역의 광체 품위값은 잔차분석을 통해 시추에서 획득된 광체 품위값을 유지하도록 하며, 그 범위를 조절할 수 있다.

[0039] 본 발명에 따른 인공 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법은 시추 자료가 있는 위치의 값은 시추를 통해 계산된 값을 얻을 수 있어 안정적인 추정이 가능하게 된다. 또한, 인공 신경망 학습을 통해 광체 품위와 물리탐사 자료 간의 상관관계를 정량화 할 수 있게 된다. 그리고 정량화된 상관관계를 이용하여 물리탐사 자료를 정량적으로 이용하여 광체 품위를 추정할 수 있어서 시추 자료가 없는 위치에서 단순히 시추 자료만을 이용했을 경우보다 신뢰성이 높은 광체 품위값을 얻을 수 있게 된다.

[0040] 본 발명을 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나 본 발명은 상기한 실시예에 한정하지 아니하며, 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형이 가능할 것이다.

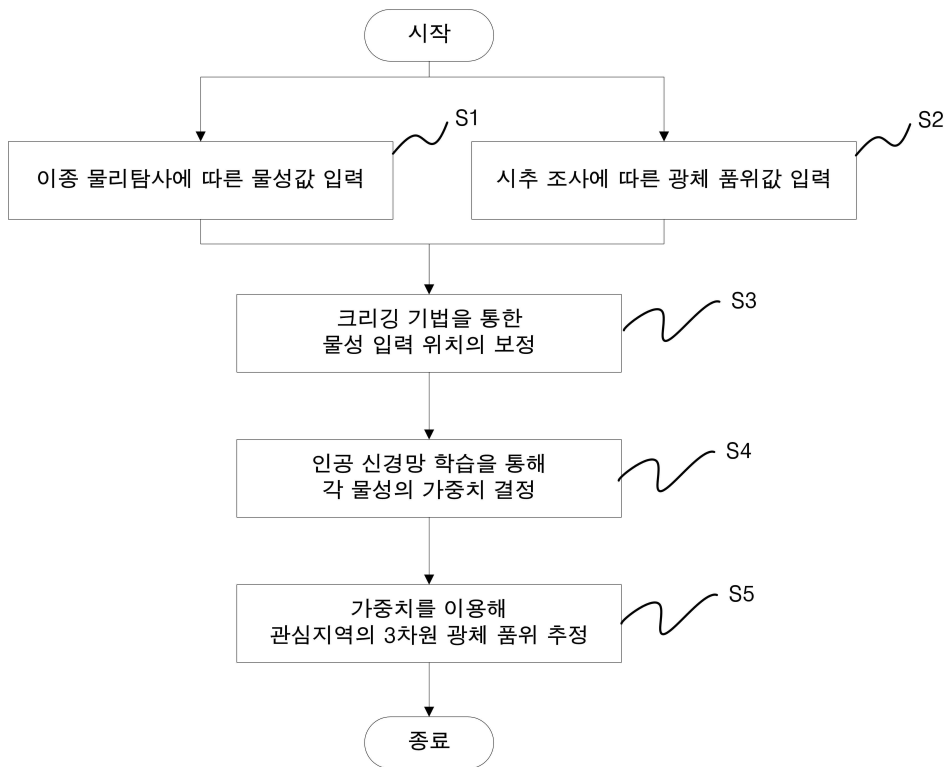
도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 본 발명에 따른 신경망 학습 기법을 통한 3차원 광체 품위 분포 추정 방법에 관한 흐름도.

[0042] 도 2는 본 발명에 따른 인공 신경망의 구성을 설명하기 위한 도면.

도면

도면1



도면2

